

**(54) MANUFACTURE OF ANISOTROPIC FERRITE MAGNET**

(11) 5-182820 (A) (43) 23.7.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-345762 (22) 27.12.1991  
 (71) HITACHI METALS LTD (72) MITSURU ARAI(1)  
 (51) Int. Cl<sup>5</sup>. H01F7/02, C01G49/00, C04B35/26, H01F1/11, H01F41/02

**PURPOSE:** To obtain an anisotropic ferrite magnet having high residual flux density and high coercive force by using  $\text{SrO} \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $n=5.6-6.0$ ) as a basic composition while regulating the standard deviation of the particle size distribution of raw-material iron oxide and mean particle size within specific ranges respectively.

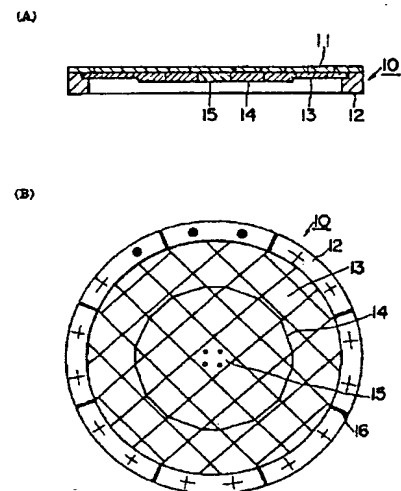
**CONSTITUTION:**  $\text{SrO} \cdot n\text{Fe}_2\text{O}_3$  ( $n=5.6-6.0$ ) is employed as a basic composition, and  $\text{SiO}_2:0.1-0.5$  and  $\text{H}_3\text{BO}_3:0.05-0.2$  at weight% are contained as a first crystal particle-size control agent and  $\text{SiO}_2:0.1-1.0$ ,  $\text{CaCO}_3:0.5-2.0$ ,  $\text{SrCO}_3:0.1-1.0$  and further  $\text{H}_3\text{BO}_3:0.05-0.25$  as a second crystal particle-size control agent. Iron oxide having mean particle size of  $0.7-0.9\mu\text{m}$  and the standard deviation of  $0.14-0.16$  of particle size distribution is used, powder having mean particle size of  $0.7-1.2\mu\text{m}$  and a standard deviation of  $0.14-0.16$  for forming a temporarily baked body acquired by temporary baking at  $1050-1200^\circ\text{C}$  is employed and formed, and main baking at  $1180-1250^\circ\text{C}$  is conducted. Accordingly, a ferrite magnet having high Br and high iHC can be obtained easily.

**(54) MAGNETIC FIELD GENERATOR FOR MRI**

(11) 5-182821 (A) (43) 23.7.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-359168 (22) 27.12.1991  
 (71) SUMITOMO SPECIAL METALS CO LTD (72) KIMIHARU OTA(1)  
 (51) Int. Cl<sup>5</sup>. H01F7/02, A61B5/055, G01R33/38

**PURPOSE:** To provide a pole piece composed of constitution, in which the generation of eddy currents is lowered and a graded magnetic field can be increased to specified intensity in a short time without reducing magnetic field uniformity in the air gap of a magnetic field generator for an MRI and a retentivity phenomenon is diminished and a distinct image can be obtained with high sensitivity.

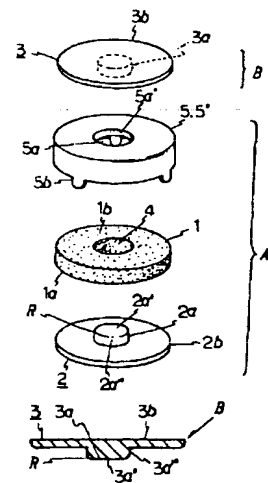
**CONSTITUTION:** A pole piece 10 consists of a laminated silicon steel plate layer 11 formed by members for a plurality of block-shaped pole pieces laminated by using non-oriented silicon steel plates, a rectangular sectional soft-iron made magnetic material ring 12, which is provided around the peripheral section of the laminated silicon steel plate 11, and soft ferrite layers 13, in which members for a large number of block-shaped pole pieces constituted by compression-molding soft ferrite powder in a rectangular plate shape are combined in a discoidal shape with adhesives and laid on the top face of the laminated silicon steel plate 11. Accordingly, the magnetic field uniformity of an air gap is easily attained, eddy currents generated in a magnetic pole are lowered even when GC pulses are applied to a graded magnetic field coil, and a retentivity phenomenon is reduced.

**(54) CLAMP**

(11) 5-182822 (A) (43) 23.7.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-358161 (22) 27.12.1991  
 (71) TAAMO K.K. (72) TAMAO MORITA  
 (51) Int. Cl<sup>5</sup>. H01F7/02, A45C13/10

**PURPOSE:** To reduce the quantity of leakage of magnetism on the surface of a clamp without lowering attractive force as the clamp, and to facilitate the attraction operation of the female and male clamps in the clamp using a permanent magnet.

**CONSTITUTION:** A clamp is composed of a female clamp A, in which a ferromagnetic member 2 is installed onto the pole face 1a of a permanent magnet 1 having a hole 4 between the pole face 1a and a pole face 1b and the surface of the permanent magnet 1, to which the ferromagnetic member 2 is not mounted, and a surface including the whole or a part of a surface in the hole 4 or a surface including no surface in the hole 4 are covered with a ferromagnetic member 5 in thickness of  $0.03\text{mm}-0.20\text{mm}$ , and a male clamp B with a ferromagnetic member 3 with a ferromagnetic projection 3a contacted and attracted to the ferromagnetic member 2 in the hole 4. An R surface R is organized between the contacting attracting surface 3a' of the projection 3a of the male clamp B contacted and attracted to the ferromagnetic member 2 of the female clamp A and the peripheral side 3a'' of the projection 3a on the contacting attracting surface 3a' side.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-182821

(43)公開日 平成5年(1993)7月23日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 F 7/02	C	7135-5E		
A 6 1 B 5/055				
G 0 1 R 33/38				
		7831-4C	A 6 1 B 5/ 05	3 3 1
		7621-2 J	G 0 1 R 33/ 22	D
			審査請求 未請求 請求項の数2(全 7 頁)	

(21)出願番号 特願平3-359168

(22)出願日 平成3年(1991)12月27日

(71)出願人 000183417

住友特殊金属株式会社

大阪府大阪市中央区北浜4丁目7番19号

(72)発明者 太田 公春

大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住

友特殊金属株式会社山崎製作所内

(72)発明者 青木 雅昭

大阪府三島郡島本町江川2丁目15-17 住

友特殊金属株式会社山崎製作所内

(74)代理人 弁理士 押田 良久

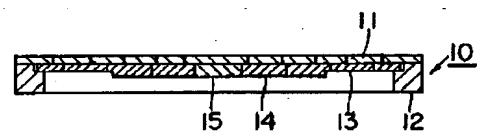
(54)【発明の名称】 M R I 用磁界発生装置

(57)【要約】

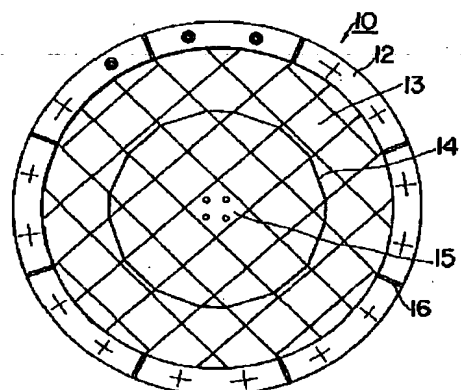
【目的】 M R I 用磁界発生装置の空隙内の磁界均一度を低下させることなく、渦電流の発生を低減して短時間で傾斜磁界が所定の強度に上昇し得る、また残磁現象を低減して高感度で鮮明な画像を得ることができる構成構成からなる磁極片の提供。

【構成】 無方向性けい素鋼板を用いて積層した複数個のブロック状磁極片用部材で形成した積層けい素鋼板層11と、積層けい素鋼板11の周辺部に周設された断面矩形的軟鉄製の磁性材リング12と、ソフトフェライト粉を矩形板状に圧縮成形して構成した多数のブロック状磁極片用部材を接着剤で円板状に組み合わせて積層けい素鋼板11上面に敷設したソフトフェライト層13とからなる磁極片10により、空隙の磁界均一化が達成しやすく、傾斜磁場コイルにG Cパルスが印加されても磁極に発生する渦電流は低減され、しかも残磁現象を低減させることができる。

(A)



(B)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、磁極片が空隙側からソフトフェライト、積層けい素鋼板の2層からなることを特徴とするMRI用磁界発生装置。

【請求項2】 空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、磁極片が空隙側からソフトフェライト、積層けい素鋼板、磁性材ベースの3層からなることを特徴とするMRI用磁界発生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、医療用磁気共鳴断層撮影装置（以下MRIという）等に用いられる磁界発生装置の改良に係り、空隙を形成して対向する一対の磁極片を、複数枚のけい素鋼板を所要方向に積層して一体化した複数のブロック状磁極片用部材とその上に積層するソフトフェライトとの2層で構成し、空隙内の磁界均一度を損なうことなく、傾斜磁界コイルによる磁極片内の渦電流、残磁現象の低減を図ったMRI用磁界発生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】MRIは、強力な磁界を形成する磁界発生装置の空隙内に、被検者の一部または全部を挿入して、対象物の断層イメージを得てその組織の性質まで描き出すことができる装置である。

【0003】上記MRI用の磁界発生装置において、空隙は被検者の一部または全部が挿入できるだけの広さが必要であり、かつ鮮明な断層イメージを得るために、通常、空隙内の撮像視野内には、0.02～2.0Tでかつ1×10<sup>-4</sup>以下の精度を有する安定した強力な均一磁界を形成することが要求される。

【0004】MRIに用いる磁界発生装置として、図6に示す如く、磁界発生源としてR-Fe-B系磁石を用いた一対の永久磁石構成体1、の各々の一方端に磁極片2、2を固着して対向させ、他方端を継鉄3にて連結し、磁極片2、2間の空隙4内に、静磁界を発生させる構成が知られている。

【0005】磁極片2、2には、空隙4内における磁界分布の均一度を向上させるために、周辺部に環状突起5を設けてあり、通常、電磁軟鉄、純鉄等の磁性材料を削り出した板状のバルク（一体物）から構成される（特開昭60-88407号公報）。

【0006】各磁極片2、2の近傍に配置される傾斜磁界コイル6は、空隙4内の位置情報を得るために、通常X、Y、Zの3方向に対応する3組のコイル群からなるが、図示においては簡略して記載している。この傾斜磁界コイル6に、パルス電流を印加することによって台形波状に時間変化する所望方向の傾斜磁界を発生すること

ができる。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】傾斜磁界コイル6にパルス電流を流すと、磁極片2は前述した如く板状のバルクから構成されるため、その電流の立上り、立下がり時に磁界が急激に変化し磁極片2、2に渦電流が発生する。この渦電流は傾斜磁界コイル6にて形成される磁界と反対方向の磁界を形成するため、傾斜磁界が所定の強度に達するのに多くの時間を要する。

10 【0008】上述の問題を解決する手段として、磁極片としてパーマロイ鋼板やアモルファス鋼板等の軟質磁性薄膜を積層面が磁極面に対して垂直になるように積層した平板状の積層体を、その積層方向が互いに略90度異なるよう二層に配置一体化した構成のものを用いた磁界発生装置（特開昭61-203605号）、比抵抗の高い磁性粉を用いた磁界発生装置（特開昭63-25907）が提案されている。

20 【0009】しかしながら、上述の渦電流低減を図った構成においても、傾斜磁界コイル（GC）により形成される磁界により磁極片が磁化され、磁気ヒステリシス現象（残磁現象）によりGCパルスを停止した後も残磁現象にて、空隙内の磁界均一度が乱れる問題がある。また、出願人はソフトフェライトを軟鉄の表面に配置して残磁現象を低減する磁界発生装置（特願平2-129503号）を提案した。しかし、当該装置の高機能化に伴いGCパルス強度が増加する傾向にあり、該強度の増大により残磁が大幅に増加するのを抑制するには、ソフトフェライト部を厚くする必要があるが、ソフトフェライトは飽和磁化が小さいため漏洩磁束及び起磁力損が増加することになり、装置が大型化する問題がある。

30 【0010】この発明は、MRI用磁界発生装置の磁極片における上記現状に鑑み提案するもので、空隙内の磁界均一度を低下させることなく、渦電流の発生を低減して短時間で傾斜磁界が所定の強度に上昇し得る構成からなる磁極片の提供を目的とし、また残磁現象を低減して高感度で鮮明な画像を得ることができる構成からなる磁極片の提供を目的とし、さらに加工、製造が容易で、機械的強度が高く組立て作業性にすぐれた構成からなる磁極片の提供を目的としている。

## 40 【0011】

【課題を解決するための手段】この発明は、MRI用磁界発生装置において、上記目的を達成するために種々検討した結果、空隙を形成して対向する一対の磁極片を、それぞれ複数枚のけい素鋼板を所要方向に積層して一体化した複数のブロック状磁極片用部材で形成した積層けい素鋼板層の上にソフトフェライトを積層した2層で構成することによって、磁界強度および磁界均一度を低下させることなく、傾斜磁界コイルによる渦電流、並びに残磁現象を低減でき、さらに加工、製造が容易となることを知見した。

【0012】この発明は、空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、磁極片が空隙側からソフトフェライト、積層けい素鋼板の2層からなることを特徴とするMRI用磁界発生装置である。

【0013】また、この発明は、空隙を形成して対向する一対の磁極片を有し、該空隙に磁界を発生させるMRI用磁界発生装置において、磁極片が空隙側からソフトフェライト、積層けい素鋼板、磁性材ベースの3層からなることを特徴とするMRI用磁界発生装置である。

【0014】また、この発明は、上記構成において、磁極片の空隙対向面側に直径方向のスリットを一箇所以上設けた磁性材リングからなる環状突起を配置することにより、さらに磁界均一度が向上する。

【0015】この発明の対象とするMRI用磁界発生装置は、空隙を形成して対向する一対の磁極片を有して該空隙に磁界を発生させる構成であれば、後述する実施例に限定されることなく、いかなる構成にも適用できる。すなわち、磁界発生源となる磁石構成体も永久磁石に限定されることなく電磁石等の採用も可能であり、また磁石構成体に直接磁極片が配置される構成でなくともよい。さらに、これらの磁石構成体と一対の磁極片とを磁氣的に接続して空隙に磁界を発生する磁路形成用の継鉄の形状寸法等も要求される空隙の大きさ、磁界強度、磁界均一度等種々の諸特性に応じて適宜選定すれば良い。

【0016】かかる磁気回路に用いる磁石構成体の永久磁石は、フェライト磁石、アルニコ系磁石、希土類コバルト系磁石が使用できるが、特に、RとしてNdやPrを中心とする資源的に豊富な軽希土類を用い、B、Feを主成分として30MG0e以上の極めて高いエネルギー積を示す、Fe-B-R系永久磁石を使用することにより、著しく小型化することができる。

【0017】この発明において、積層けい素鋼板はその積層方向が該磁極片の対向方向に積層された場合、また、磁極片の対向方向と直交する方向に積層された場合のいずれでもよく、さらに必要に応じて積層方向を変えて複数層とした構成でもよく、あるいは種々の形状からなる磁極片用部材となして、これを組み合わせて所要形状とすることができる。さらに、使用するけい素鋼板の磁化容易軸方向の方向性は任意であるが、無方向性けい素鋼板(JIS C2552等)にて構成した場合、残磁現象低減に顕著な効果を示す。

【0018】けい素鋼板の厚みは任意の厚みでよいが、一般に入手し易いけい素鋼板は0.35mm程度と薄い。ため、従来例(特開昭61-203605号)に示すように磁極片を構成する平板状積層体全体が、上記けい素鋼板を一方に積層するだけの構成では積層一体化作業が極めて煩雑となる。そこで本発明者は、積層、組立て作業性が極めて良好となる構成として、いったん所定寸法からなる複数枚の矩形状無方向性けい素鋼板を磁極片

の対向方向と直交する方向に所定枚数積層したブロック状磁極片用部材を複数個作成し、これら複数個のブロック状磁極片用部材を直接磁石構成体上に固着するか、板状の磁性材ベースを介して磁石構成体上に固着する等の構成を提案する。

【0019】また、積層けい素鋼板をブロック状の磁極片用部材となした際、積層方向を上記の特定方向に積層するほか、種々形状の小片を用いてアトランダムに積層方向を選定して所定のブロック状に組み立てることもできる。詳述すると、円形状のけい素鋼板を厚み方向に積層し円盤状となしたものの、これを縦横に8分割や16分割したもの、あるいは直径方向に8分割や16分割したもの、短冊上のけい素鋼板を磁極片の対向方向と直交する方向に積層して円盤状となしたものの、これを縦横にあるいは直径方向に分割したもの、さらに円盤を直径方向に8分割や16分割したもので、各ブロックが種々形状の小片を用いてアトランダムに積層方向を選定して組み立てたものなど、種々のブロック状磁極片用部材を用いることができる

【0020】この発明において、ソフトフェライトの材質は、Mn-Znフェライト粉、Ni-Znフェライト粉等の種々のソフトフェライト材からなり、ソフトフェライト製の大ブロックを所要形状に加工したもの、あるいは小ブロックを所要形状に接着剤で組立てたもの等が利用でき、さらに、磁界の均一度向上を目的に、空隙側周辺部に種々断面形状の環状突起を設けたり、中央部に円形凸状部や断面台形状の突起部を設けたり、また、磁極片の所要位置に、磁界の均一度調整を目的に、磁性材または磁石からなる磁界調整片を着設してもよい。

【0021】上記ソフトフェライトの小ブロックを製造するには、例えば、Mn-Znフェライト粉等を所要形状に圧縮成形した後、焼結し、さらに密度の向上のため、HP、HIP(Hot Isostatic Pressing)法等の手段を併用するのもよく、得られた小ブロックを、エポキシ樹脂などの接着剤等を用いて接着して、所要形状に組み立てるとよい。

【0022】ソフトフェライト材のうち、例えば、Mn-Zn系ソフトフェライトは、磁界の均等化手段として要求される高透磁率および高い飽和磁束密度Bsを有し、また渦電流対策として十分に高い比抵抗と、残磁現象を防止し得る低保磁力(数A/m)の特性を持っている。

【0023】この発明において、ソフトフェライトは磁石構成体から発生する磁束を効率よく空隙に作用させるためには、0.4T以上のBsを有するものが好ましい。すなわち、ソフトフェライト内を通過する磁束量は、そのBsにより決定され、その値が小さいと必然的に飽和して磁界強度が低下してしまい、これを防ぐには磁石を大きくする必要があり、装置の大型化を招くこととなる。従って、Bsは0.4T以上が望ましく、好ま

しくは0.5 T以上、さらに好ましくは0.55 T以上である。

【0024】また、ソフトフェライトのHcが大きすぎると、残磁現象が生じるため、Hcは50 A/m以下が望ましく、好ましくは20 A/m以下、さらに好ましくは10 A/m以下である。また、渦電流の低減には、比抵抗  $\rho$  が $10^{-8} \Omega \cdot m$ 以上、さらに好ましくは $10^{-9} \Omega \cdot m$ 以上が望ましい。

【0025】この発明は、磁極片が空隙側からソフトフェライト、積層けい素鋼板の2層あるいは磁石構成体側に軟鉄材などの磁性材ベースを敷設した3層、あるいはさらに周縁突起部に軟鉄バルク部を設ける構成を特徴とし、磁極片厚みに占めるソフトフェライト層と積層けい素鋼板層の厚み比、あるいは磁性材ベース厚みを含めた厚み比を最適化することにより、磁極片に要求される磁界強度の均等化と渦電流および残磁現象の防止効果が最大限に発揮され、磁極片の機械的強度を適宜選定することができる。なお、ソフトフェライト層と積層けい素鋼板層の厚み比の選定のみで、GCパルスによる悪影響を低減できるのであれば、軟鉄材のベース厚みは薄いほどよい。

【0026】あるいは、磁極片の空隙対向面の中央部のみをソフトフェライトとし、周縁部に設ける環状突起を磁性材リングとすることも可能で、材料には軟鉄、低炭素鋼等から構成することができ、前記磁性材ベースやリング状支持枠の周縁部に載置する他、直接ブロック状磁極片用部材の上面に載置することができる。いずれの構成においても渦電流の影響を軽減する目的で、環状突起に1つ以上のスリットを設けて分割することが望ましく、さらに、磁性材ベースまたはリング状支持枠と環状突起間、磁性材ベースまたはリング状支持枠とブロック状磁極片用部材間を電氣的に絶縁することが望ましい。

【0027】図面に基づく開示

図1 A, Bはこの発明による磁界発生装置の磁極片の一実施例を示す横断面図と上面図である。図2 A, Bはこの発明の磁極片を構成するブロック状磁極片用部材の一実施例を示す斜視図である。図1に示す磁極片10は、無方向性けい素鋼板を用いて積層した複数のブロック状磁極片用部材で形成した積層けい素鋼板層11と、積層けい素鋼板11の周辺部に周設された断面矩形的軟鉄製の磁性材リング12と、ソフトフェライト粉を矩形板状に圧縮成形して構成した多数のブロック状磁極片用部材を接着剤で円板状に組み合わせて積層けい素鋼板11上面に敷設したソフトフェライト層13とからなる。各ブロック状磁極片用部材は通常合成エポキシ樹脂接着材にて積層けい素鋼板層11に固着される。

【0028】ソフトフェライト層13は、前述の如く円板状に組立ててあるが、中央部には所要直径の円形凸状部14を形成するため、圧縮成形したソフトフェライトのブロック状磁極片用部材厚みが異なるものを用いてお

り、当該円形凸状部で磁界均一度を向上させることができる。また、ソフトフェライト層13の中心部に、軟鉄製のコア部15を設けているが、これは傾斜磁界コイルを装着するための基台を構成している。

【0029】積層けい素鋼板層11の周辺部に周設された断面矩形的軟鉄製の磁性材リング12は、磁極片10の外周部側の高さを他より高くして、磁束を所要空隙に集中させかつ均一度を向上させる環状突起を形成するためのものであり、積層けい素鋼板層11との間に絶縁材を介在させてボルト止めしてあり、さらに磁性材リング12を周方向に分割図では8個に分割することで直径方向のスリット16を設けて、渦電流の影響を低減する構成である。

【0030】図2 Aに示すブロック状磁極片用部材11 Aは方向性けい素鋼板を用いた場合を示すもので、予め同一方向に方向性を示す複数枚の方向性けい素鋼板を、その厚さ方向に積層一体化した小ブロック11 a 11 b (図中矢印は磁化容易軸方向を示す)を作成し、その後磁界均一度を向上させるため各磁化容易軸方向が互いに90°異なるようにして積層した所定厚さのブロック状磁極片用部材11 Aを構成できる。

【0031】図2 Bに示すブロック状磁極片用部材11 Bは無方向性けい素鋼板を用いた場合を示すもので、無方向性のため複数枚のけい素鋼板を単にその厚さ方向に積層して一体化するだけで所定厚さからなるブロック状磁極片用部材11 Bを構成できる。

【0032】

【作用】この発明による上記構成からなる磁極片をMRI用磁界発生装置に用いると、けい素鋼板は飽和磁束密度Bsが高く、空隙の磁界均一化が達成しやすく、また保磁力Hc及びヒステリシス損の小さな電氣的に絶縁されている薄板を複数枚積層した構成であることから、傾斜磁界コイルにGCパルスが印加されても磁極に発生する渦電流は低減され、しかも残磁現象を低減させることも可能となる。また、ソフトフェライト層により空隙の磁界が均一化され、傾斜磁界コイルによる渦電流の低減の効果とともに、GCパルスにより生じる残磁を低減させる効果がある。従って、積層けい素鋼板層とソフトフェライト層の厚み比を適宜選定することにより、双方の相乗効果で渦電流及び残磁現象の低減にすぐれた作用効果を示す。

【0033】さらに、上記の2層に磁性材ベースを加えた3層構成からなる場合は、磁性材ベースにて磁極片の必要とする強度を確保することができ、上記2層の相乗効果を大きく疎外することがなく、製造性がよく工業上極めて有用な構成となる。

【0034】なお、積層けい素鋼板層とソフトフェライト層の厚み比の選定のほか、積層けい素鋼板層の積層状態や個々のブロック形状と組み立て状態(分割状態)により渦電流及び残磁現象の低減効果に差があり、要求さ

れる特性や用途などに応じて適宜選定する必要がある。

#### 【0035】

##### 【実施例】実施例1

図6と同様構成の磁界発生装置に、BHmax35MGOeを有するNd-Fe-B系永久磁石を用い、下記性状の無方向性けい素鋼板を用い図2Bに示す構成のブロック状磁極片用部材にて円盤を縦横に分割した積層けい素鋼板層となし、さらにその上に同様形状のブロック状磁極片用部材にてソフトフェライト層を積層して磁極片となし、軟鉄からなる環状突起のスリットは4箇所とした一対の磁極片の対向間距離を500mmに設定した。このとき、磁極片厚みを50mmに一定にしてソフトフェライト層と積層けい素鋼板層厚みを種々変えて磁極片を作製し、それぞれのGCパルスにより生じる残留磁場を測定した。図3に測定結果を示すが、積層けい素鋼板層厚みをtとして示してある。従って、図の右端のプロットの場合は磁極片の全てが積層けい素鋼板の場合（比較例1）である。なお、□印はパルス幅が100ms、△印はパルス幅が10ms、○印はパルス幅が1msの場合である。

##### 【0036】実施例2

実施例1において、積層けい素鋼板層を、短冊状のけい素鋼板を磁極片対向方向に直交方向に積層した構成に代えてGCパルスにより生じる残留磁場を測定し、測定結果を図4に示す。

##### 【0037】比較例2

実施例1の磁界発生装置に、下記性状の軟鉄からなるベース部上に実施例1と同質のソフトフェライト部を設け、軟鉄からなる環状突起を設けた一対の磁極片の対向間距離を500mmに設定した。このとき、磁極片厚みを一定にして軟鉄ベースとソフトフェライト部の厚みを種々変えて磁極片を作製し、それぞれのGCパルスにより生じる残留磁場を測定した。図5に測定結果を示すが、軟鉄ベース厚みをtとして示してある。従って、図の右端のプロットの場合は磁極片の全てが軟鉄の場合（従来例）である。

【0038】その結果、実施例1、2、比較例1、2、従来例とも空隙中心から半径200mm内の計測空間での測定値で、磁界均一度；30ppm、磁界強度；0.2Tを得た。傾斜磁界コイルによる渦電流は、この発明による実施例1、2の場合、従来例に対して1/3以下に低減された。GCパルス（1～10ms）により生じる残留磁気は、比較例1、2は従来例に対して最大1/3以下に低減され、この発明による実施例1、2の場合は比較例1、2に対して最大1/4以下に低減された。また、パルス幅の違いによる残留磁場は、実施例1、2の場合は比較例1、2に対してパルス幅にかかわらず同様の低減効果を有している。

【0039】またさらに、実施例1、2において、軟鉄ベースを追加して3層構造として、磁極片厚みを50mm

mに一定にしてソフトフェライト層と積層けい素鋼板層厚みを種々変えて磁極片を作製し、それぞれのGCパルスにより生じる残留磁場を測定した結果、磁極片に必要な強度を付与しても実施例1、2と同傾向の残留磁場低減効果を有していることを確認した。

【0040】上記の実施例1、2及び比較例1、2の構成において、磁性材ベースは外径1050mmとした。種々の磁極片厚さ50mmとした。また、無方向性けい素鋼板の厚さは0.35mmを採用した。無方向性けい素鋼板は、 $H_c = 40 \text{ A/m}$ 、 $B_s = 1.7 \text{ T}$ 、 $\rho = 45 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ である。ソフトフェライトはMn-Zn系フェライト、 $H_c = 6.0 \text{ A/m}$ 、 $B_s = 0.58 \text{ T}$ 、 $\rho = 0.2 \Omega \cdot \text{m}$ である。純鉄は、 $H_c = 80 \text{ A/m}$ 、 $B_s = 2.0 \text{ T}$ 、 $\rho = 1 \times 10^{-7} \Omega \cdot \text{m}$ である。

##### 【0041】

【発明の効果】この発明による空隙側からソフトフェライト層、積層けい素鋼板層と積層された磁極片をMRI用磁界発生装置に用いると、空隙の磁界均一化が達成しやすく、傾斜磁界コイルにGCパルスが印加されても磁極に発生する渦電流は低減され、しかも残磁現象を低減させることができる。さらに、積層けい素鋼板層とソフトフェライト層の厚み比の選定のほか、積層けい素鋼板層の積層状態や個々のブロック形状と組み立て状態（分割状態）の選定より渦電流及び残磁現象の低減を図ることができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】A、Bはこの発明による磁界発生装置の磁極片の一実施例を示す横断面図と上面図である。

【図2】A、Bはこの発明の磁極片を構成するブロック状磁極片用部材の一実施例を示す斜視図である。

【図3】この発明（実施例1）の磁極片の積層けい素鋼板層厚みと残留磁場との関係を示すグラフである。

【図4】この発明（実施例2）の磁極片の積層けい素鋼板層厚みと残留磁場との関係を示すグラフである。

【図5】比較例2の磁極片の磁性材ベース厚みと残留磁場との関係を示すグラフである。

【図6】A、Bは従来の磁界発生装置の縦断面図と横断面図である。

##### 【符号の説明】

- 1 永久磁石構成体
- 2, 10 磁極片
- 3 継鉄
- 4 空隙
- 5 環状突起
- 6 傾斜磁界コイル
- 11 積層けい素鋼板層
- 11A, 11B 小ブロック
- 12 磁性材リング
- 13 ソフトフェライト層
- 14 円形凸状部

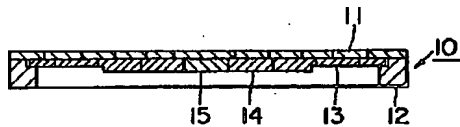


9

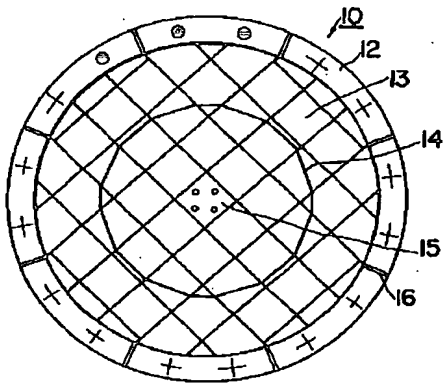
15 コア部

【図1】

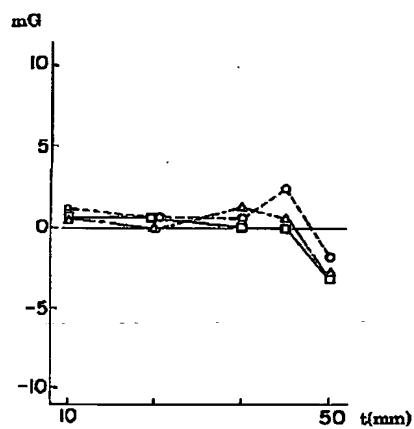
(A)



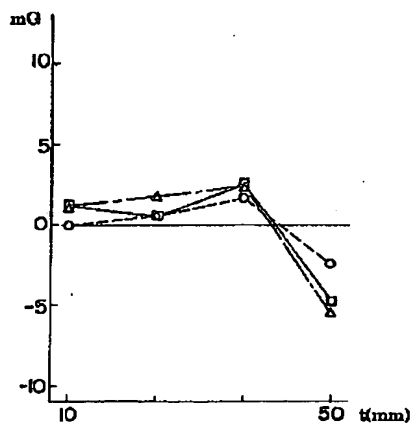
(B)



【図3】



【図4】



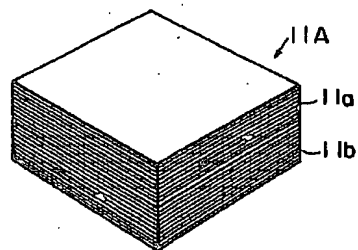
特開平5-182821

10

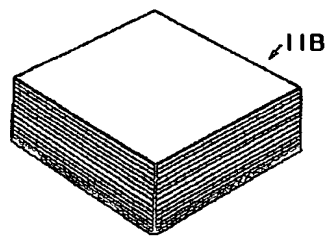
\* \* 16 スリット

【図2】

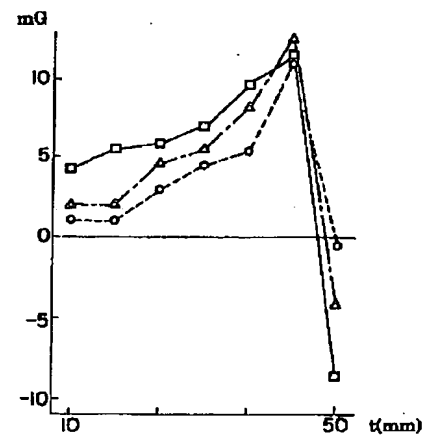
(A)



(B)

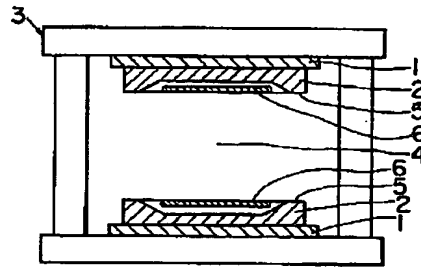


【図5】



【図6】

(A)



(B)

